

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

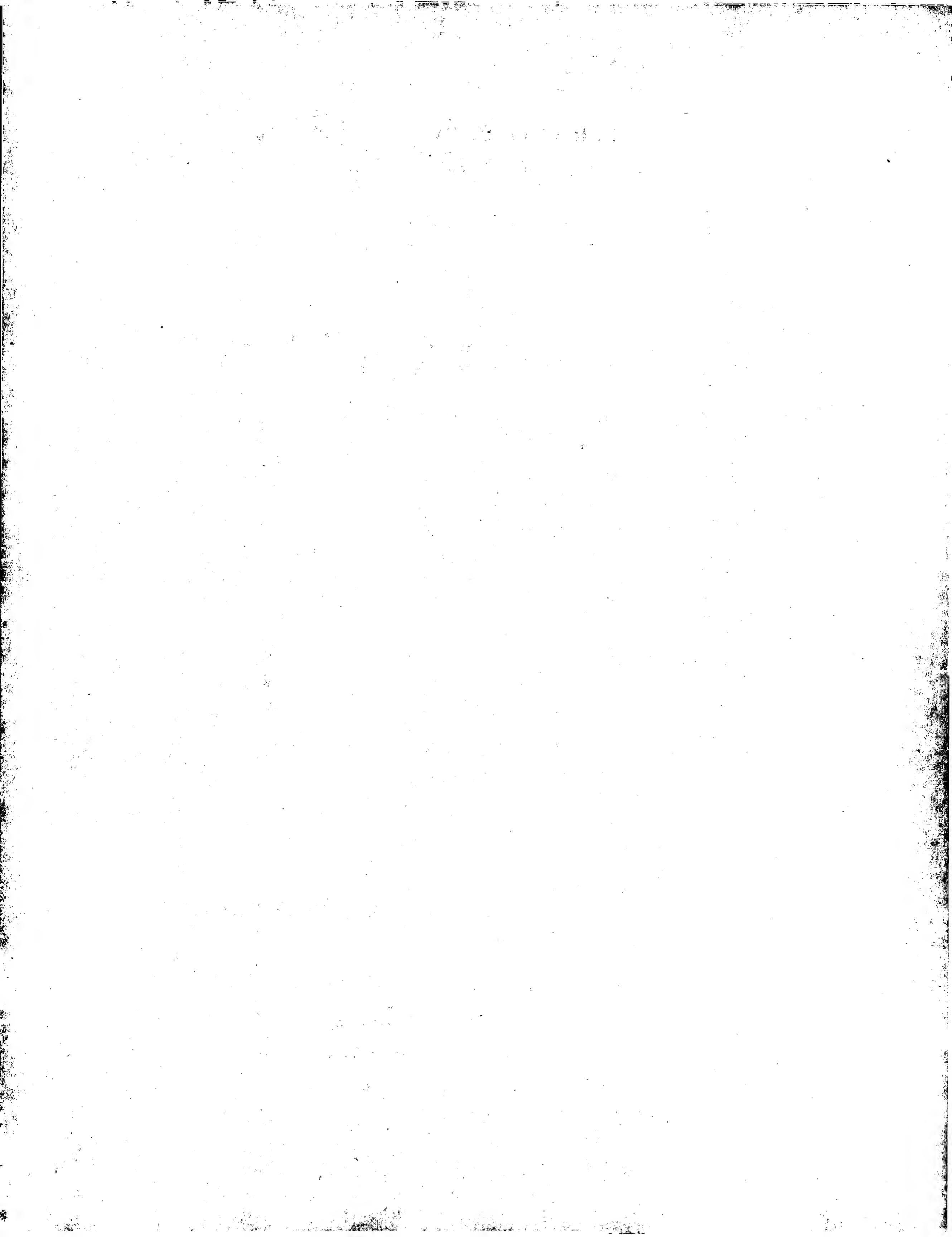
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° d'publication :  
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

2 819 555

(21) N° d'enregistrement national :

01 00574

(51) Int Cl<sup>7</sup> : F 02 G 1/043, F 02 G 1/044

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 17.01.01.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 19.07.02 Bulletin 02/29.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS Etablissement public à caractère scientifique et culturel — FR.

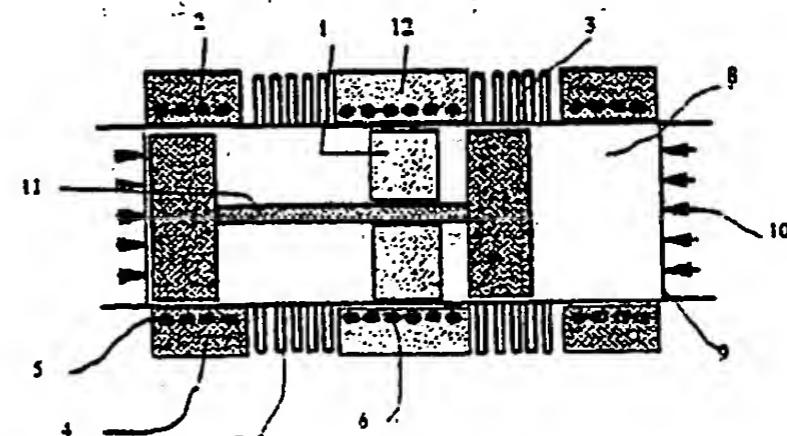
(72) Inventeur(s) : FRANCOIS PIERRE, PREVOND LAURENT et DESCOMBES GEORGES.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : PONTET ET ALLANO SARL.

(54) GROUPE ELECTROGENE A MOUVEMENT LINEAIRE ALTERNATIF A BASE DE MOTEUR STIRLING, ET PROCEDE MIS EN OEUVRE DANS CE GROUPE ELECTROGENE.

(57) L'invention concerne un groupe électrogène à mouvement linéaire alternatif. L'élément moteur est composé d'un moteur thermique de type Stirling et le générateur est composé d'une part d'un piston (1) et des déplaceurs (2, 3) du moteur thermique en tant que rotors, et d'une autre part d'éléments électromagnétiques fixes (6) en tant que stator. Le moteur Stirling comprend dans une unique chambre de travail (9) au moins un piston (1) et deux déplaceurs (2, 3) de sorte que l'ensemble est équivalent à deux moteurs travaillant en opposition. Le temps moteur de l'un correspond au temps résistant de l'autre. De préférence le générateur est de type asynchrone, mais il peut être constitué d'ensembles synchrones, à réductance variable ou encore à aimants permanents.



FR 2 819 555 - A1



" Groupe électrogène à mouvement linéaire alternatif à base de moteur Stirling, et procédé mis en œuvre dans ce groupe électrogène "

5

La présente invention concerne un groupe électrogène à mouvement linéaire alternatif à base de moteur Stirling. Elle concerne également un procédé mis en œuvre dans ce groupe électrogène.

D'une façon générale, le moteur Stirling comporte un ensemble piston cylindre renfermant un fluide de travail. Alternativement, le fluide est mis en contact avec une source chaude et une source froide. Lors du réchauffement du fluide, la pression augmente en poussant le piston moteur, puis un déplaceur transfert le fluide vers la source froide de sorte que la pression baisse. Comme la pression baisse, le piston moteur comprime le fluide. Le cycle peut alors recommencer. On peut alors utiliser le mouvement linéaire alternatif opéré par le piston pour produire de l'électricité en mode autonome.

Dans l'état de la technique, le document US4649283 décrit le principe d'un générateur composé d'un moteur Stirling sur lequel sont disposés des éléments électromagnétiques créant de l'énergie électrique par déplacement linéaire alternatif de deux pistons reliés entre eux et avec la chambre du moteur Stirling au moyen de ressorts.

Le document FR2510181 décrit un groupe d'électrogène comprenant un moteur Stirling composé d'un piston et d'un déplaceur. Une extrémité du piston est connectée à la chambre close du moteur au moyen d'un élément ressort. Les éléments électromagnétiques sont disposés sur le piston et à l'intérieur de la chambre. Ce document divulgue

également un moteur Stirling composé de deux pistons en opposition et enfermés dans une première chambre, et un déplaceur enfermé dans une seconde chambre, les deux chambres communicant au moyen d'un conduit qui permet  
5 l'écoulement du fluide de travail entre ces deux chambres. Le dispositif enseigné dans ce document ne permet pas un fonctionnement proche du cycle de Stirling. En outre, les éléments ressorts utilisés pour solidariser les pistons viennent fragiliser le dispositif, et les têtes des  
10 pistons doivent être munies d'amortisseurs afin d'éviter une collision entre elles. Par ailleurs, la régulation de régime est particulièrement complexe puisqu'elle se fait par des moyens mécaniques accessibles de l'extérieur du groupe et par un système électronique.

15 La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précités en proposant un groupe électrogène dans lequel l'élément moteur est composé d'un moteur thermique de type Stirling et l'élément générateur d'un ensemble électromagnétique dont la partie en mouvement est  
20 constituée par le piston et le déplaceur du moteur Stirling.

Un but de la présente invention est la réalisation d'un groupe électrogène autonome apte à être embarqué dans un véhicule électrique par exemple tout en garantissant  
25 une économie d'énergie par rapport aux systèmes électriques actuels, une robustesse et une propreté certaine.

Un autre but de l'invention est la réalisation d'un groupe électrogène apte à produire une large gamme de  
30 puissances, de quelques watts à quelques milliers de kilowatts.

On atteint les objectifs ci-dessus avec un groupe électrogène pour convertir de l'énergie thermique en

énergie électrique à base d'un moteur thermique fonctionnant selon un cycle de Stirling. Ce groupe électrogène comprend au moins un piston en mouvement linéaire alternatif pour produire de l'énergie électrique

5 par couplage électromagnétique avec des éléments magnétiques fixes. Selon l'invention, le groupe électrogène comprend en outre au moins deux déplaceurs disposés dans une chambre commune au piston de sorte que l'ensemble déplaceurs-piston constitue deux moteurs de

10 type Stirling fonctionnant en opposition.

Avec un tel dispositif, la partie thermique est constituée du piston et des déplaceurs travaillant en opposition. Le temps "moteur" de l'un correspond au temps "résistant" de l'autre. On obtient l'équivalent de deux

15 moteurs Stirling en opposition. Il en résulte une capacité de production d'une large gamme de puissances allant de quelques watts à quelques milliers de kilowatts. En outre, le fait de regrouper dans une seule chambre le piston et les déplaceurs augmente la robustesse du dispositif. De

20 préférence, la chambre est une enceinte complètement close sans joint. Le fluide de travail, tel que l'hélium, renfermé dans cette chambre peut donc subir des pressions importantes, favorables au rendement global du groupe électrogène et à sa puissance massique. Avantageusement,

25 l'enveloppe de cette chambre est perméable au champ magnétique, elle supporte des fortes pressions, par exemple 80 bars, ainsi que des températures maximum du moteur pouvant atteindre les 650°C. La conception de ce moteur est telle qu'elle permet un fonctionnement sans

30 maintenance périodique, les seuls éléments mobiles, pistons et déplaceurs pouvant être graissés à vie.

Le document FR2510181 de l'art antérieur décrit un groupe électrogène dont les pistons ne travaillent pas en

opposition. Les pistons de l'art antérieur ont le même temps "moteur" et sont rappelés par un dispositif à ressorts.

L'ensemble composé du piston et des éléments magnétiques fixes constitue un générateur asynchrone. Cependant, l'homme du métier comprendra aisément que tout type de générateur électrique synchrone ou asynchrone, à réluctance variable, à aimants permanents ou à commutation de flux, peut être utilisé. Selon l'invention, la partie électrique est complètement intégrée à la partie thermique. Les éléments magnétiques peuvent être disposés le long de la chambre de sorte que le mouvement linéaire alternatif des déplaceurs contribue également à la production de l'énergie électrique. Le piston et les déplaceurs sont les rotors du générateur électrique.

Les deux déplaceurs peuvent être liés de façon rigide. Mais, de préférence, ils sont indépendants l'un par rapport à l'autre, cela permet de faire fonctionner le moteur selon le cycle théorique de Stirling.

Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, les deux déplaceurs sont libres en mouvement vis-à-vis de la chambre, contrairement aux systèmes de l'art antérieur dans lesquels on utilise des ressorts de rappel.

Le groupe électrogène selon l'invention peut en outre comprendre des moyens électromagnétiques solidaires de la chambre pour piloter le mouvement des déplaceurs par couplage électromagnétique. Les déplaceurs étant ainsi pilotés comme des actionneurs, on peut engendrer un cycle thermique très proche du cycle Stirling théorique. Lorsque les deux déplaceurs sont liés, le pilotage peut se faire par moitié de course sur chacun des déplaceurs, dans le cas contraire, le pilotage se fait sur toute la course de chacun d'eux.

Les moyens électromagnétiques peuvent être disposés à l'intérieur ou à l'extérieur de la chambre.

Selon un mode de mise en œuvre de l'invention, le groupe électrogène comprend en outre un second piston, les 5 deux pistons ainsi obtenus étant reliés de façon rigide et disposés de part et d'autre des deux déplaceurs. Cette disposition permet de disposer d'un double générateur électrique disposé vers les extrémités du moteur, par exemple en forme de cylindre, dans des zones faciles à 10 refroidir. Par ailleurs, des moyens de chauffage pour apporter de la chaleur au moteur Stirling sont disposés sur une zone centrale du cylindre. Selon une variante avantageuse de l'invention, toujours dans le cadre de deux pistons reliés par un moyen rigide, chaque piston peut 15 comprendre une pluralité de cylindres creux concentriques reliés entre eux par une extrémité. Ces cylindres sont destinés à coulisser dans d'autres cylindres creux concentriques dotés d'éléments magnétiques fixes et disposés à l'intérieur de la chambre. Ces pistons sont 20 constitués de matériau amagnétique conducteur tel que l'aluminium ou autre alliage. Avec un générateur de type asynchrone, les pistons sont le siège de courants induits et subissent un effort radial de répulsion sur toute leur surface, ce qui leur permet d'être en sustentation lors 25 d'un déplacement.

Selon un autre mode de mise en œuvre de l'invention, le groupe électrogène peut comprendre un moteur thermique Stirling, par exemple en forme de cylindre, tel que des 30 moyens de chauffage pour apporter de la chaleur à ce moteur sont disposés sur les bases du cylindre, aux extrémités. Dans ce cas, des moyens de refroidissement peuvent être disposés à l'extérieur de la chambre ou alors

consister en une circulation d'un fluide dans des tubes traversant cette chambre.

Selon une caractéristique de l'invention, la course des déplaceurs est sensiblement le double de la course du piston. Cependant d'autres rapports plus importants peuvent être envisagés.

Suivant un autre aspect de l'invention, il est proposé un procédé pour convertir de l'énergie thermique en énergie électrique au moyen d'un groupe électrogène. Pour ce faire, on pilote deux déplaceurs disposés dans une chambre formant moteur thermique Stirling et comprenant au moins un piston de sorte que l'ensemble déplaceurs-piston fonctionne comme deux moteurs Stirling en opposition. Avantageusement, on peut introduire un déphasage sensiblement égal à quarante cinq degrés dans le mouvement relatif entre les déplaceurs et le piston.

De préférence, les déplaceurs sont aptes à régénérer le fluide de travail contenu dans la chambre afin de permettre l'échange de chaleur. Le corps même des déplaceurs joue le rôle de régénérateur. Cependant, on peut convenablement envisager la réalisation de régénérateurs extérieurs sous forme de conduit de déviation.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée d'un mode de mise en œuvre nullement limitatif, et des dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe structurelle d'un groupe électrogène selon l'invention réalisé selon une structure de type A dans laquelle l'apport de chaleur se fait aux extrémités du moteur et les déplaceurs sont de chaque côté du piston;

- la figure 2 est une vue en coupe structurelle d'un groupe électrogène selon l'invention réalisé selon une structure de type B dans laquelle l'apport de chaleur se fait au centre d'un moteur à deux pistons;
- la figure 3 est une vue en coupe structurelle d'un groupe électrogène selon l'invention réalisé selon une structure de type C dans laquelle le moteur comporte deux enveloppes concentriques, le piston étant en forme de I;
- la figure 4 est une vue en coupe structurelle d'un groupe électrogène selon l'invention réalisé selon une structure de type D dans laquelle le moteur comporte deux cylindres concentriques;
- la figure 5 est une vue en coupe structurelle d'un groupe électrogène selon l'invention réalisé selon une structure de type E avec apport de chaleur au centre du moteur;
- la figure 6 est une vue en coupe structurelle d'un groupe électrogène selon la structure E;
- la figure 7 est une vue en coupe détaillée d'un piston pour une structure de type E; et
- la figure 8 est une vue en coupe radiale au niveau des pistons de la structure représentée sur la figure 7.

On va maintenant décrire différentes structures de groupes électrogènes selon l'invention.

La structure de type A illustrée sur la figure 1 comprend une chambre de travail 9 en forme cylindrique de section circulaire ou carrée. L'élément moteur du groupe électrogène est composé d'une part d'un piston 1 de forme cylindrique et troué en son centre, et d'une autre part de

deux déplaceurs 2 et 3 en forme cylindrique reliés entre eux par un moyen rigide 11. Ce moyen est apte à coulisser dans le trou du piston 1. Ainsi, les déplaceurs 2 et 3 sont disposés de part et d'autre du piston 1. Le piston et 5 les déplaceurs sont enfermés dans la chambre 9 de telle sorte le volume restant dans cette chambre est rempli par un fluide 8 tel que l'hélium. L'élément moteur est équivalent à deux moteurs Stirling en opposition dont les apports de chaleur 10 se font sur les extrémités. Ces 10 apports de chaleur, par exemple provenant d'une chaudière à gaz, permettent d'atteindre une température de l'ordre de 650°C. Des moyens de refroidissement 7 tels que des radiateurs permettent de maintenir une température entre 80 et 100°C sur deux zones proches du centre du moteur. 15 Les apports de chaleur et les radiateurs de refroidissement sont situés à l'extérieur de la chambre. L'intérieur de la chambre cylindrique ne renferme que le piston 1, les déplaceurs 2 et 3 et le fluide de travail 8.

La zone centrale extérieure de la chambre est munie 20 d'un ensemble d'éléments magnétiques 6 tels que des enroulements formant la partie statorique du générateur électrique dont le rotor est constitué par le piston. Les enroulements 6 sont intégrés dans une culasse 12 fixées à la zone centrale de la chambre. Les enroulements sont 25 connectés à des moyens électriques non représentés pour produire de l'énergie électrique.

Pour piloter les déplaceurs 2 et 3 comme des actionneurs et contrôler la fréquence de fonctionnement du moteur, on dispose des moyens électromagnétiques 5 tels 30 que des enroulements sur les zones latérales de la chambre proche des extrémités. Ces enroulements 5 sont intégrés dans des blocs 4 en forme de couronne. Le pilotage des déplaceurs se fait par moitié de course sur chacun des

déplaceurs. On maîtrise la totalité de la course des déplaceurs puisqu'ils sont liés de façon rigide.

Dans cette structure de type A, on peut envisager de supprimer la liaison 11, dans ce cas le moteur peut 5 fonctionner selon le cycle théorique de Stirling. Et pour améliorer le pilotage des déplaceurs, on peut prolonger les moyens électromagnétiques 5 et 4 de façon à remplacer les radiateurs 7, le pilotage des déplaceurs se faisant alors sur toute la course de chacun d'eux. Dans ces 10 conditions, le refroidissement est réalisé par circulation d'un liquide au sein de la culasse.

Sur la figure 2 est représentée une structure de type B dans laquelle la chambre 23 comprend une couronne 24 creusée dans la zone centrale afin de disposer des moyens 15 de chauffage 13. Le moteur comprend deux pistons 14 et 15 liés de façon rigide par une liaison 16. Ces pistons sont disposés de part et d'autre de deux déplaceurs 20 et 21 également liés de façon rigide au moyen de la liaison 22. L'ensemble déplaceurs-liaison 20, 21 et 22 comprend un 20 canal central dans lequel coulisse le moyen de liaison 16 des pistons. Dans cette structure, les éléments magnétiques 17a et 17b formant stator du générateur électrique sont constitués par deux couronnes disposées aux extrémités de la chambre en couplage avec les pistons 25 14 et 15. Les moyens électromagnétiques 18a et 18b de pilotage des déplaceurs sont constitués par deux couronnes disposées de part et d'autre des moyens de chauffage 13. Les radiateurs 19a et 19b constituent également deux couronnes disposées entre les éléments magnétiques 17a et 30 17b et les moyens électromagnétiques de pilotage 18a et 18b.

Cette structure permet de disposer de deux générateurs électriques (14, 17a; 15, 17b) proche des

zones faciles à refroidir. Cette structure peut également se décliner en plusieurs variantes dans lesquelles on supprime la liaison rigide 22, on agrandit les moyens électromagnétiques de pilotage 18a et 18b, sur la course 5 complète des déplaceurs et on peut remplacer les radiateurs 19a et 19b par une circulation de liquide dans la culasse.

La structure de type C sur la figure 3 comprend une chambre 25 en forme de cylindre de section carrée. Cette 10 chambre comprend deux cylindres de section carrée, ouverts et concentriques 26 et 27. Ces cylindres sont disposés à l'intérieur de la chambre 25 et fixés chacun à une base de cette chambre. Les parois latérales de ces deux cylindres comprennent des moyens électromagnétiques 36 et 37 de 15 pilotage de deux déplaceurs 32 et 33 coulissant à l'intérieur des deux cylindres. Les moyens de chauffage 28 et 29 sont disposés à chaque extrémité de la chambre 25. Le refroidissement se fait par circulation d'un liquide dans des tubes 34 et 35 traversant la chambre 25. Le 20 piston 30 est en forme d'un grand "H" couché dont le trait de liaison est disposé entre les cylindres 26 et 27. Avantageusement, la partie statorique du générateur électrique est constituée par des enroulements magnétiques 31 disposés tout le long de deux parois latérales de la 25 chambre 25.

La figure 4 illustre une structure de type D comprenant deux cylindres concentriques 38 et 39. Le cylindre intérieur 39 comprend tous les composants électromagnétiques 45, 46 et 47 servant respectivement de 30 stator pour le générateur électrique et de moyens de commande pour les déplaceurs 41 et 42. D'autres enroulements 51 servant de stator sont disposés à l'extérieur du cylindre externe 38 sur une zone centrale.

Le piston 40 et les deux déplaceurs se déplacent dans le cylindre externe 38 servant de chambre de travail. Les deux déplaceurs 41 et 42 sont liés par plusieurs moyens de liaison rigides 43, 44 coulissant dans des canaux à l'intérieur du piston 40. Des radiateurs 49 et 50 sont disposés à l'extérieur de la chambre de travail 38 de part et d'autre des enroulements 51. Des moyens de chauffage sont placés aux extrémités de la chambre de travail 38.

La structure de type E illustrée sur la figure 5 s'apparente à la structure de type D, mais avec des moyens de chauffage 52 prévus au centre du moteur. On dispose également de deux pistons 53 et 54 liés au moyen des éléments 55a, 55b, 55c et 55d et placés de part et d'autre de deux déplaceurs 56 et 57. Les moyens de liaison 55a, 55b, 55c et 55d coulissent à l'intérieur d'un moyen de liaison 58 des deux déplaceurs. Les enroulements statoriques 59, 60, 61 et 62 sont prévus proches des extrémités du moteur, ce qui facilite le refroidissement et augmente l'efficacité du générateur électrique. Comme pour la structure de type B, les pistons ont leur course amortie par un matelas d'air. Sur la figure 6 sont représentées deux coupes radiales de la structure de type E. La coupe A est réalisée suivant un plan traversant le piston 53. La coupe B est réalisée suivant un plan traversant le déplaceur 57. On distingue les quatre moyens rigides 55a, 55b, 55c et 55d coulissant à travers le déplaceur 57.

Sur la figure 7, on voit en détail, selon une vue en coupe simplifiée, une variante d'un piston de la structure de type E. La chambre est formée par deux cylindres concentriques 63 et 67. Le cylindre concentrique intérieur 67 est creux. Les extrémités de la chambre comprennent sur la face intérieure des saillies 65 régulièrement espacées

en forme de cylindres creux concentriques. Ces saillies renferment des éléments magnétiques ou bobinages 66 formant stator du générateur asynchrone. La partie rotor est formée par une pluralité de cylindres creux 5 concentriques 64 qui viennent s'imbriquer dans l'espace libre entre les saillies 65. La vue en coupe représente donc deux râteaux imbriqués. Le rotor 64 est en matériau amagnétique conducteur tel que l'aluminium. L'excitation du générateur asynchrone permet de créer des courants induits dans le rotor. Ces courants créent des forces répulsives aboutissant à une sustentation magnétique du rotor 64 dans l'espace libre entre les saillies 65, ce qui réduit sensiblement les frottements lors du mouvement de va-et-vient des pistons. Les surfaces des saillies 10 15 65 peuvent comprendre des moyens de centrage et de guidage utile seulement lors du démarrage du générateur.

La figure 8 représente une coupe radiale d'un piston de la structure de type E de la figure 7. Cette coupe radiale fait apparaître les pistons concentriques 64.

20 Dans la chambre illustrée sur la figure 5, les éléments magnétiques 62 sont disposés sur les flans latéraux, la génération électromagnétique se fait donc dans un plan perpendiculaire au plan de la génération mécanique (ou thermique) qui est parallèle à l'axe de déplacement des pistons. Sachant que l'effort électromagnétique est environ dix fois inférieur à l'effort mécanique, le fait d'éclater le piston en une pluralité de cylindres concentriques, comme on le voit sur la figure 7, permet d'augmenter sensiblement la surface 25 30 des échanges électromagnétiques.

La présente invention concerne donc un ensemble équivalent à deux moteurs Stirling travaillant en opposition, agissant sur un même piston ou un piston

dédouble, dans une même chambre de travail. Le déplaceur est géré électromagnétiquement comme un actionneur.

Le groupe électrogène selon l'invention, destiné à la production d'électricité en mode autonome, peut être à poste fixe ou embarqué, en particulier, il est conçu pour pouvoir alimenter en électricité, les véhicules électriques hybrides, mais aussi, pour résoudre tout problème de production d'électricité en mode autonome à poste fixe avec mise en œuvre de systèmes de co-génération ou tri-génération. Ce dispositif permet également de résoudre le problème de stockage de l'énergie électrique (batteries) et de concevoir des véhicules électriques offrant une réduction de consommation et une réduction des émissions polluantes par rapport aux véhicules à moteurs thermiques conventionnels.

Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention.

## REVENDICATIONS

1. Groupe électrogène pour convertir de l'énergie thermique en énergie électrique à base d'un moteur thermique fonctionnant selon un cycle de Stirling, comprenant au moins un piston (1) en mouvement linéaire alternatif pour produire de l'énergie électrique par couplage électromagnétique avec des éléments magnétiques fixes (6), caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins deux déplaceurs (2, 3) disposés dans une chambre commune (9) au dit piston de sorte que l'ensemble déplaceurs-piston constitue deux moteurs de type Stirling fonctionnant en opposition.
- 15 2. Groupe électrogène selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'ensemble composé du piston et des éléments magnétiques fixes constitue un générateur asynchrone.
- 20 3. Groupe électrogène selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les deux déplaceurs sont liés (11) de façon rigide.
- 25 4. Groupe électrogène selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les deux déplaceurs (32, 33) sont indépendants l'un par rapport à l'autre.
- 30 5. Groupe électrogène selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les deux déplaceurs sont libres en mouvement vis-à-vis de la chambre.

6. Groupe électrogène selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens électromagnétiques (5) solidaires de la chambre pour piloter le mouvement des 5 déplaceurs par couplage électromagnétique.
7. Groupe électrogène selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens électromagnétiques (36) sont disposés à l'intérieur de la chambre.
- 10 8. Groupe électrogène selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens électromagnétiques (5) sont disposés à l'extérieur de la chambre.
- 15 9. Groupe électrogène selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la chambre (9) est une enceinte complètement close.
- 20 10. Groupe électrogène selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un second piston, les deux pistons (14, 15) étant reliés (16) de façon rigide et disposés de part et d'autre des deux déplaceurs (20, 21).
- 25 11. Groupe électrogène selon la revendication 10, caractérisé en ce que chaque piston (53, 54) comprend une pluralité de cylindres creux concentriques (64) reliés entre eux par une extrémité, ces cylindres étant destinés à coulisser dans d'autres cylindres creux concentriques 30 (65) dotés d'éléments magnétiques fixes (66) et disposés à l'intérieur de la chambre (63).

12. Groupe électrogène selon la revendication 11, caractérisé en ce que chaque piston (53, 54) comprend un matériau amagnétique conducteur permettant à ce piston d'être en sustentation lors d'un déplacement.

5

13. Groupe électrogène selon la revendication 12, caractérisé en ce que le matériau amagnétique conducteur est l'aluminium.

10 14. Groupe électrogène selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, comprenant un moteur thermique Stirling en forme de cylindre, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens de chauffage (13) pour apporter de la chaleur sur une zone centrale du cylindre.

15

15. Groupe électrogène selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, comprenant un moteur thermique Stirling en forme de cylindre, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens de chauffage (10) pour apporter de la chaleur sur les bases du cylindre.

20 16. Groupe électrogène selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens de refroidissement (7) disposés à l'extérieur de la chambre.

25 17. Groupe électrogène selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens de refroidissement (34, 35) par circulation d'un fluide dans des tubes traversant ladite chambre.

18. Groupe électrogène selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la course des déplaceurs est sensiblement le double de la course du piston.

5

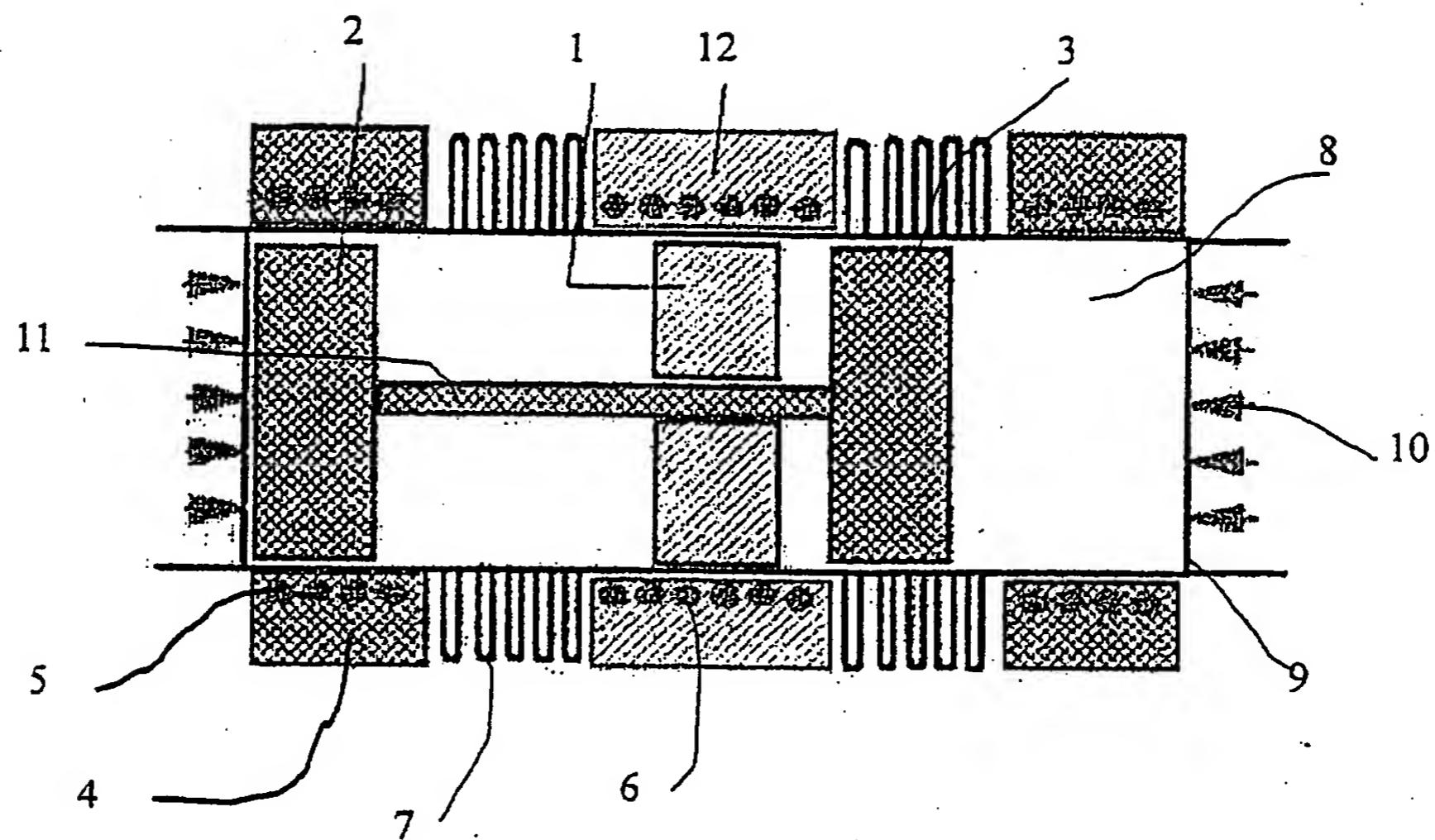
19. Groupe électrogène selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des éléments magnétiques disposés le long de la chambre de sorte que le mouvement linéaire alternatif des déplaceurs contribue à la production de l'énergie électrique.

20. Procédé pour convertir de l'énergie thermique en énergie électrique au moyen d'un groupe électrogène selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on pilote deux déplaceurs (2, 3) disposés dans une chambre (9) formant moteur thermique Stirling et comprenant au moins un piston (1) de sorte que l'ensemble déplaceurs-piston fonctionne comme deux moteurs Stirling en opposition dans lequel on introduit un déphasage sensiblement égale à quarante cinq degrés dans le mouvement relatif entre les déplaceurs et le piston.

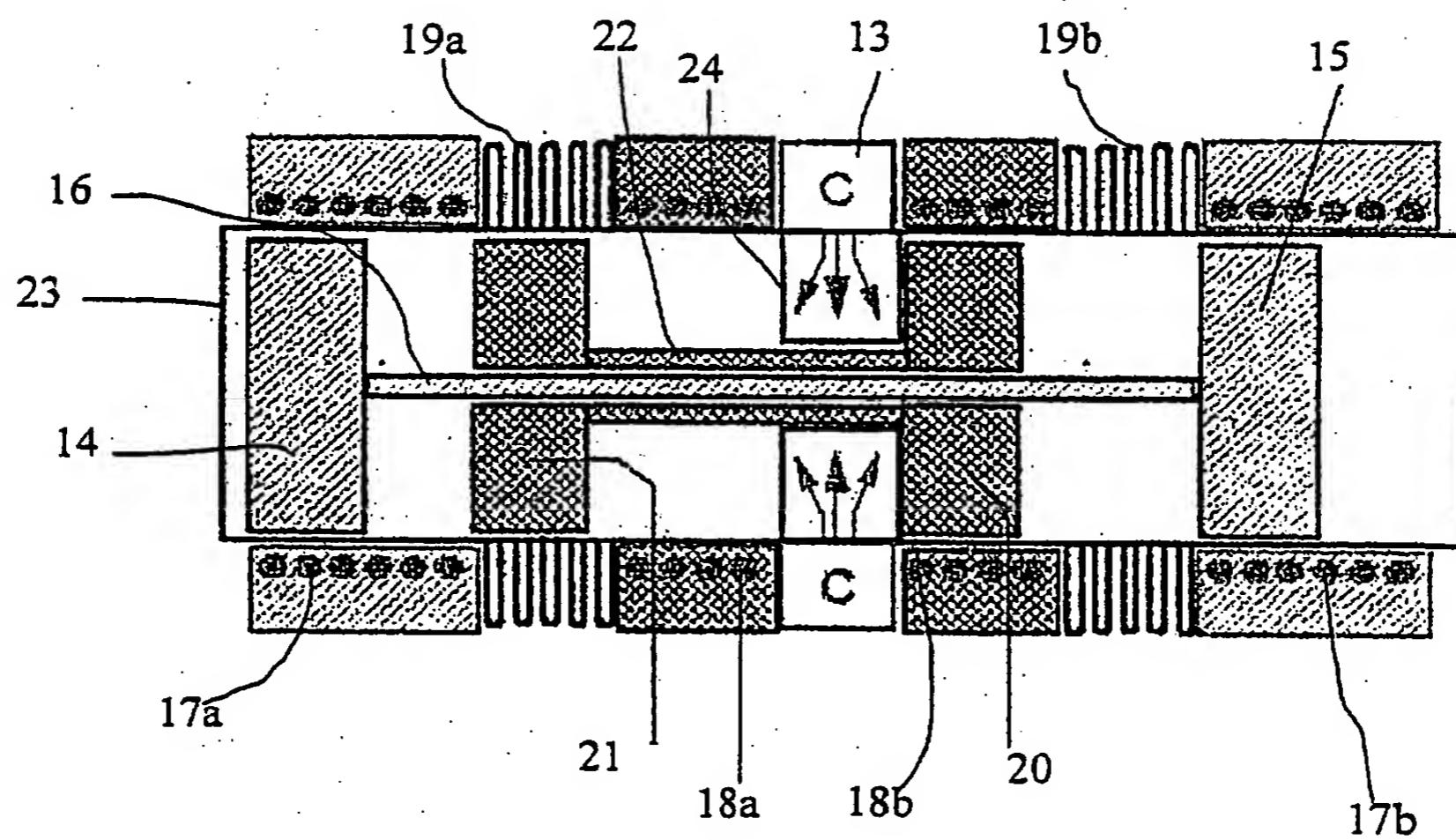
21. Procédé selon la revendication 20, caractérisé en ce que les déplaceurs (2, 3) sont aptes à régénérer le fluide de travail contenu dans la chambre (9).

22. Procédé selon l'une des revendications 20 et 21, caractérisé en ce qu'on apporte de la chaleur aux extrémités du moteur Stirling, et en ce qu'on dispose des moyens de refroidissement sur une zone centrale de ce moteur.

23. Procédé selon l'une des revendications 20 et 21, caractérisé en ce qu'on apporte de la chaleur sur une zone centrale du moteur Stirling, et en ce qu'on dispose des moyens de refroidissement sur les extrémités de ce moteur.



**FIGURE 1**



**FIGURE 2**

2819555

2/4

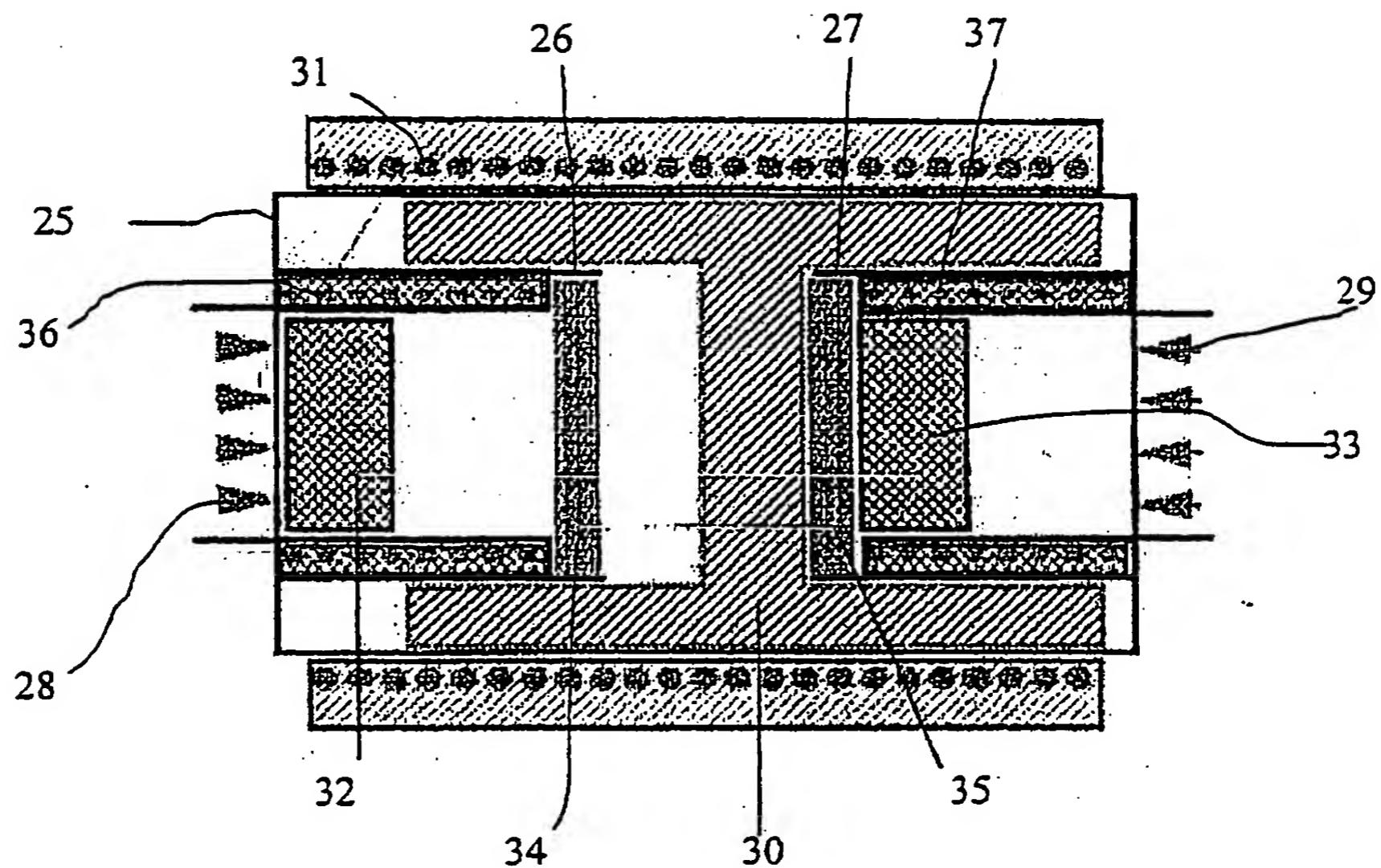


FIGURE 3

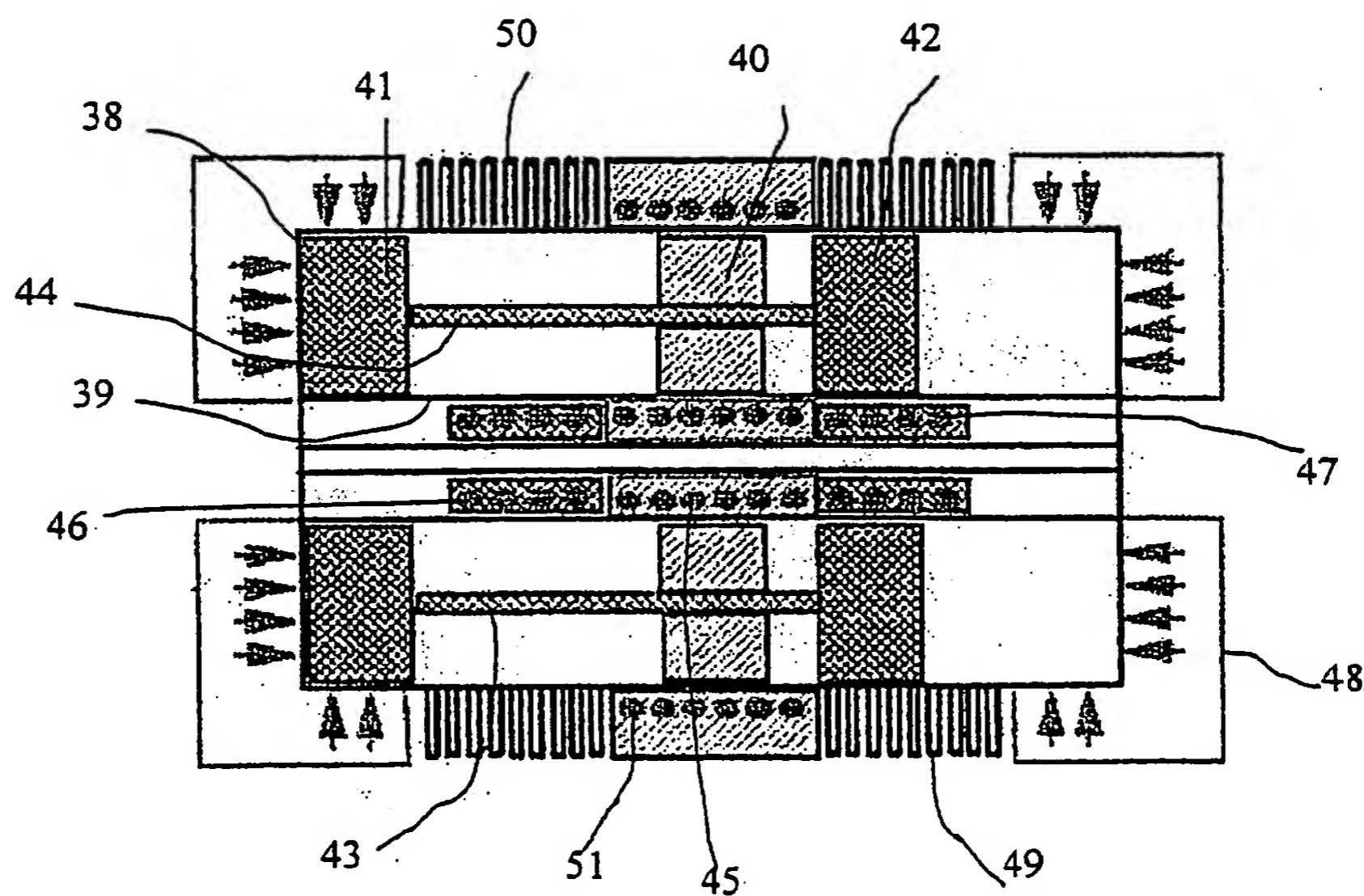
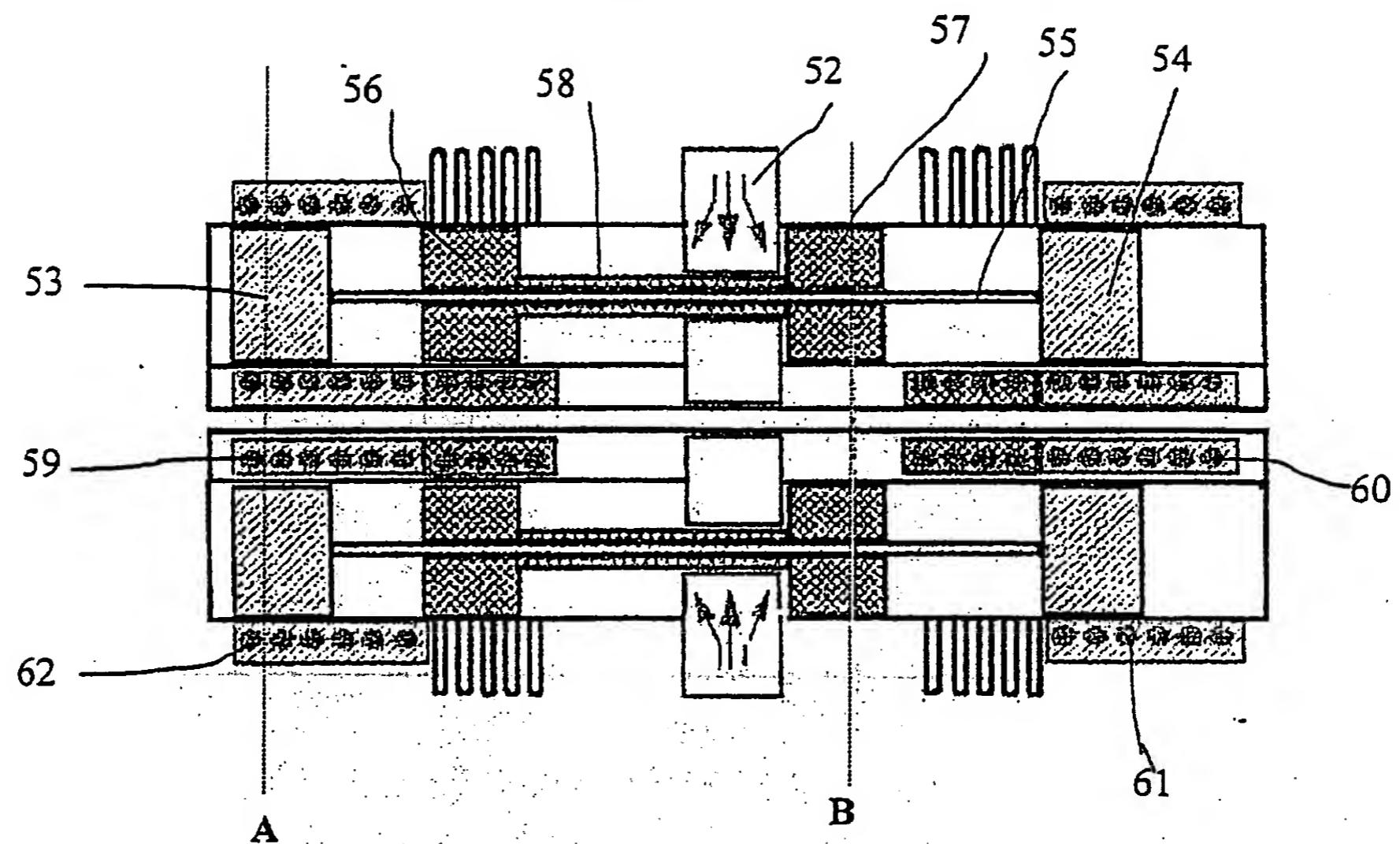


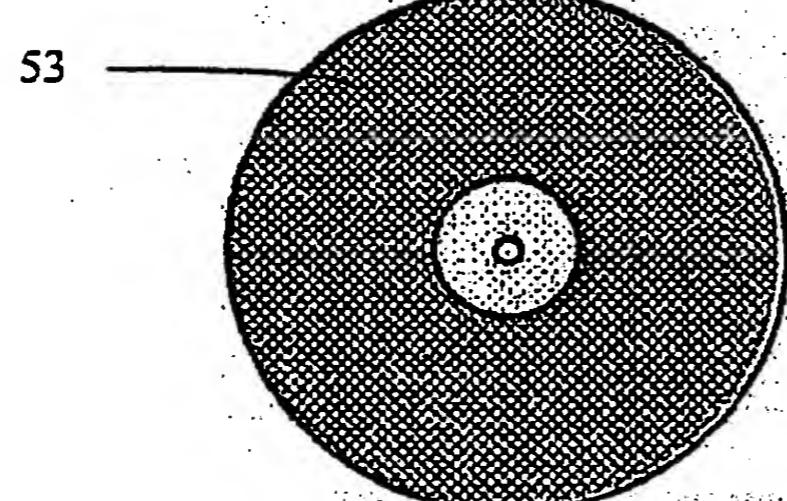
FIGURE 4



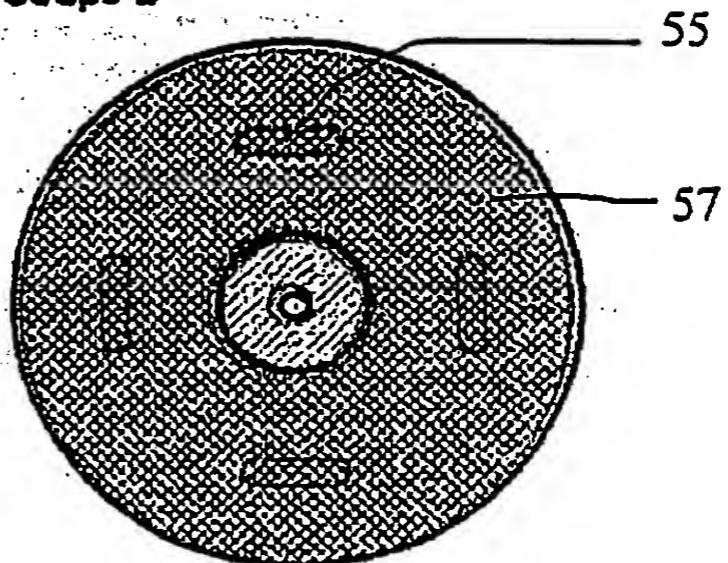
**FIGURE 5**

**STRUCTURE Type E**

**Coupe A**



**Coupe B**



**FIGURE 6**

2819555

4/4

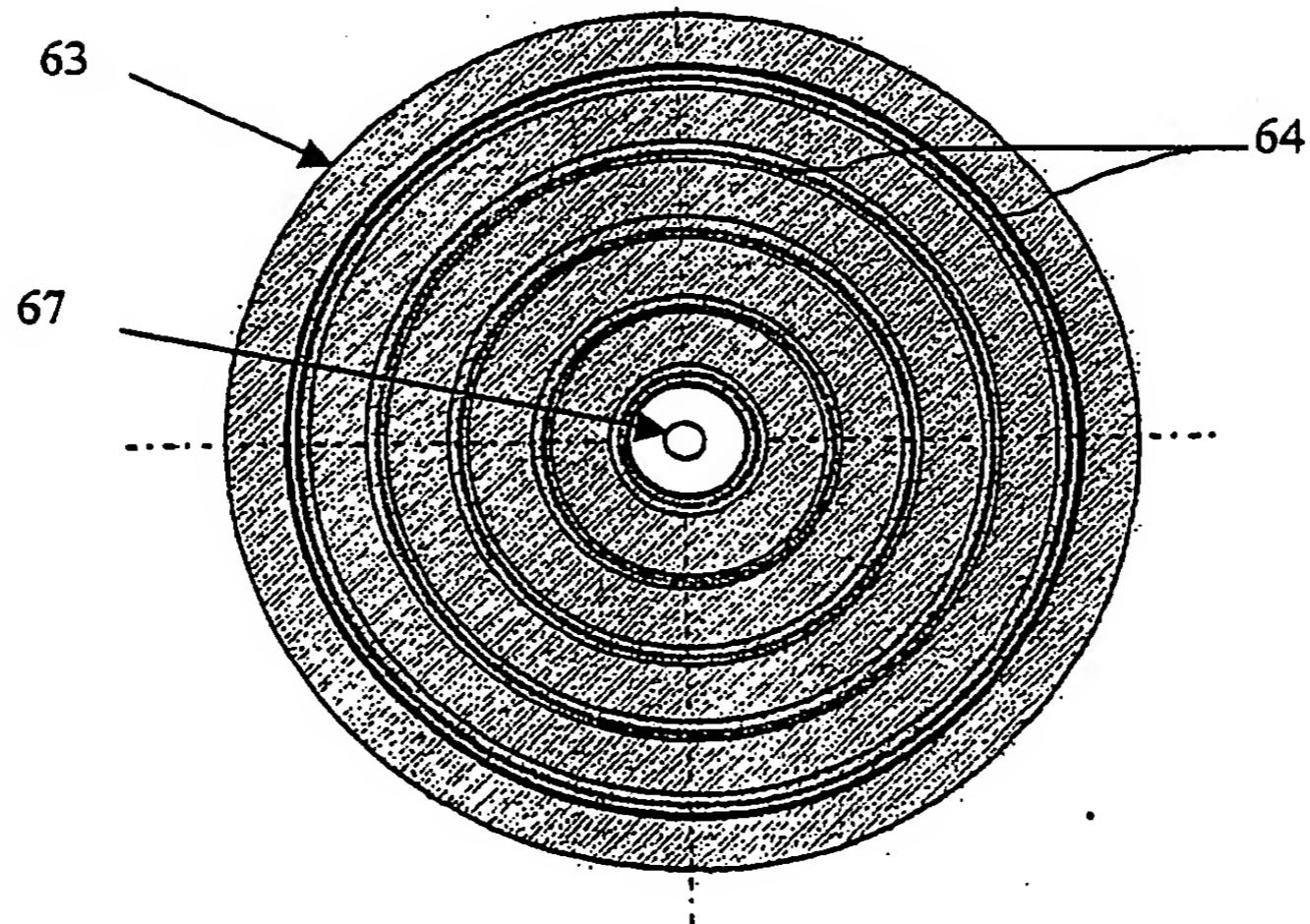
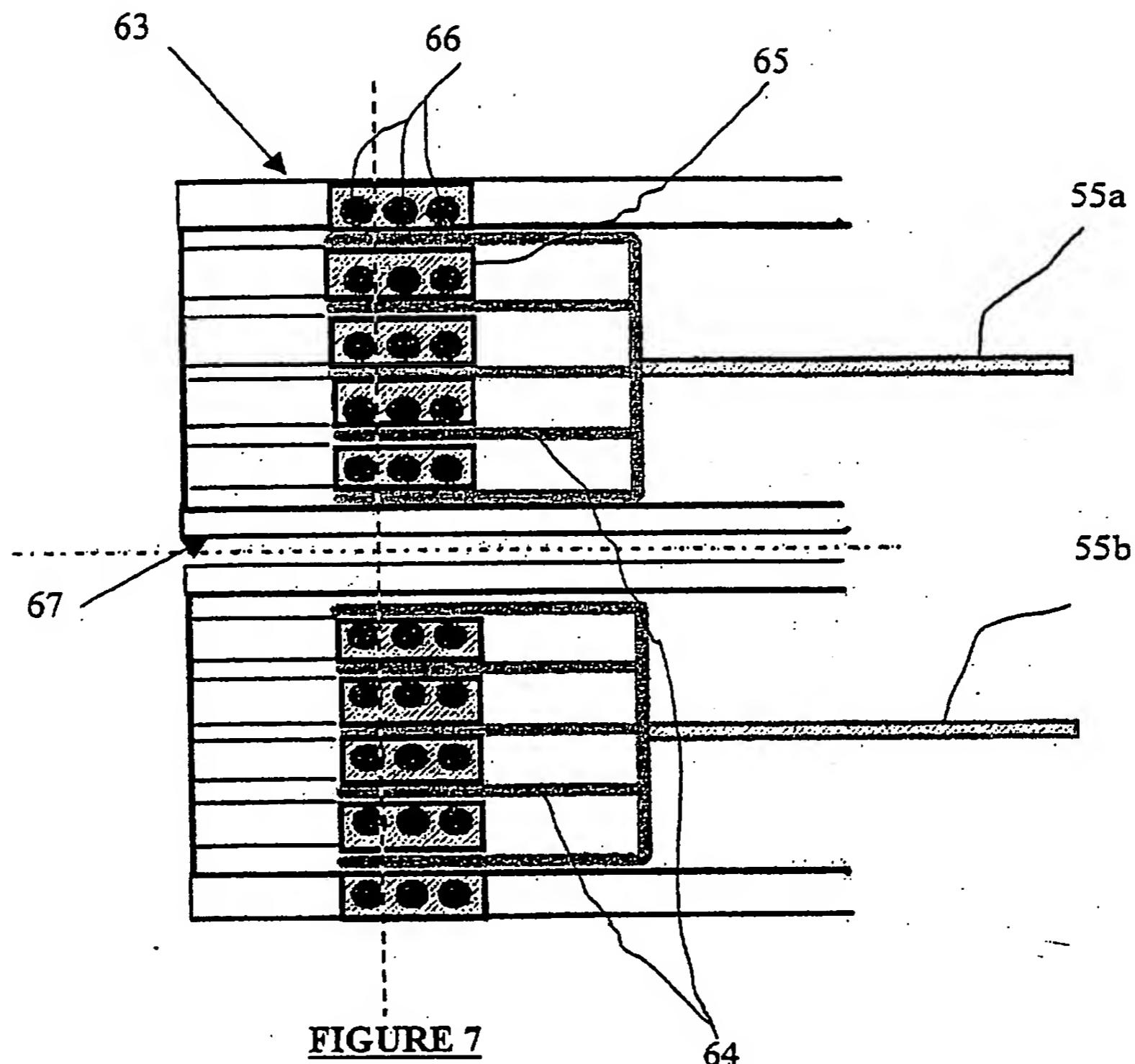


FIGURE 8

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIREétabli sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la rechercheFA 599637  
FR 0100574

## DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
X	GB 2 290 351 A (WHALEN TERENCE JOHN ; WHALEN WILLIAM JOHN (GB)) 20 décembre 1995 (1995-12-20) * figures 1-7 * * abrégé * * page 3, alinéa 1 - alinéa 5 *	1-8, 20-23	F02G1/043 F02G1/044
A	FR 1 407 682 A (SNECMA) 26 novembre 1965 (1965-11-26) * figures 1-7 *	1,3,9,20	
D,A	FR 2 510 181 A (BERTIN & CIE) 28 janvier 1983 (1983-01-28) * revendications 1-13 *	1,20	
A	EP 0 505 039 A (LUCAS IND PLC) 23 septembre 1992 (1992-09-23) * figure 1 * * abrégé *	1,11	
A	US 4 723 410 A (OTTERS JOHN L) 9 février 1988 (1988-02-09) * figure 1 * * abrégé *	1,9,16, 20	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.Cl.7)  F02G
A	US 4 183 214 A (BEALE WILLIAM T ET AL) 15 janvier 1980 (1980-01-15) * figure 6 * * colonne 7, ligne 33 - ligne 50 *	1,5,20	
A	US 4 888 951 A (BEALE WILLIAM T) 26 décembre 1989 (1989-12-26) * figure 1 * * abrégé * * colonne 3, ligne 15 - ligne 65 *	1,4,5,20	
		-/-	
1	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
	14 septembre 2001	Wassenaar, G	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire.			

2819555

N° d'enregistrement  
nationalFA 599637  
FR 0100574
**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

<b>DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS</b>		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 3 552 120 A (BEALE WILLIAM T) 5 janvier 1971 (1971-01-05) * figures 1-7 * * revendications 1-10 *	1,10,20	
DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (INTCL.)			
1	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
EPO FORM 1503 12.89 (P04C14)	14 septembre 2001	Wassenaar, G	
<b>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</b>		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul	Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		
A : avenir-plan technologique	O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire			

281955

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0100574 FA 599637**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 14-09-2001.

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française.

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
GB 2290351	A	20-12-1995	AUCUN		
FR 1407682	A	26-11-1965	AUCUN		
FR 2510181	A	28-01-1983	FR 2510181 A1 EP 0070780 A1 JP 58028577 A US 4511805 A	28-01-1983 26-01-1983 19-02-1983 16-04-1985	
EP 0505039	A	23-09-1992	EP 0505039 A1 JP 5215422 A US 5251448 A	23-09-1992 24-08-1993 12-10-1993	
US 4723410	A	09-02-1988	US 4638633 A EP 0220622 A2 US 4722188 A	27-01-1987 06-05-1987 02-02-1988	
US 4183214	A	15-01-1980	AUCUN		
US 4888951	A	26-12-1989	AUCUN		
US 3552120	A	05-01-1971	DE 1933159 A1	10-12-1970	